

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۵۹، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۲۳-۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۷/۱۲

## شناسایی الگوهای همدید بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر

مسعود جلالی<sup>۱</sup>

علی شاهبایی<sup>۲</sup>

وهاب کمربان<sup>۳</sup>

### چکیده

در تحقیق حاضر تلاش شد در چارچوب روش محیطی به گردشی، الگوهای همدید ایجادکننده بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر شناسایی شود. بدین منظور با استفاده از آمار بارش روزانه ۴۰ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی منطقه برای دوره ۲۰ ساله ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ و به وسیله روش صدک، ۲۹ روز دارای بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر که حداقل در ۳۰ درصد ایستگاه‌های منطقه رخ داده بودند به‌عنوان روز دارای بارش شدید شناسایی شدند. با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای ۳ الگوی همدید به‌عنوان عوامل ایجاد بارش در این ۲۹ روز به‌دست آمد که الگوی اول ۴۸/۳ درصد، الگوی دوم ۳۰ درصد و الگوی سوم ۲۱/۷ درصد از روزهای بارش شدید منطقه مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده‌اند. به‌منظور تحلیل همدید این الگوها از نقشه‌های فشار تراز دریا (SLP)، تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، اُمگا (حرکات قائم جو)، تلاویی و جریانات رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مربوط به دو روز قبل از هر بارش تا روز بارش استفاده شد و در نهایت مشخص شد عامل اصلی وقوع بارش‌های تابستانه در سواحل دریای خزر نفوذ سامانه پرفشار و در پی آن شکل‌گیری جریانات خنک و مرطوب شمالی در سواحل جنوبی دریای خزر و همچنین

۱- عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان.

Email: o.jalali22@yahoo.com

Email: shahbai2008@yahoo.com

Email: vahabkmr@yahoo.com

۱- عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان.

وقوع همرفت گسترده در منطقه می‌باشد. هر سه الگو بر وقوع این شرایط تأکید دارند و تفاوت آن‌ها در محل استقرار سامانه پرفشار و در نتیجه تعداد روزهای بارشی و شدت بارش می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** بارش شدید، تحلیل خوشه‌ای، الگوی جوئی، شاخص اُمگا، تاوایی نسبی، سواحل جنوبی دریای خزر.

### مقدمه

شناخت اقلیم یک منطقه در اغلب فعالیت‌های انسان می‌تواند به‌عنوان نخستین گام و ضروری‌ترین اقدام مطالعاتی قلمداد گردد (عزیزی و همکار، ۱۳۸۹: ۵۱-۷۱). در میان پدیده‌های مختلف اقلیمی، بارش یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جوی می‌باشد که نقش مهمی در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کند. بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هردو با هم در منطقه‌ای وجود داشته باشند (کاویانی و همکار، ۱۳۸۶: ۲۳۹). اهمیت مطالعه این عنصر اقلیمی زمانی آشکارتر می‌شود که یک مکان شاهد ریزش ناچیز یا قابل توجه و یا ناگهانی حجم زیادی از بارش باشد (محمدی و همکار، ۱۳۸۹: ۴۷)، بارش‌هایی با شدت ملایم یا متوسط که در مدت زمانی طولانی در یک منطقه ریزش می‌کنند، می‌توانند سبب تقویت مخازن آب زیرزمینی، آبیاری محصولات کشاورزی، تقویت پوشش گیاهی و دیگر اثرات مثبت در منطقه شوند؛ اما بارش‌های شدیدی که در مدت زمانی کوتاه در یک منطقه رخ می‌دهند، می‌توانند خطر وقوع سیلاب و ایجاد خسارت در آن منطقه را افزایش دهند. اهمیت بارش‌های شدید و گاهی سیل‌آسا طی فصل تابستان برای کشور ایران با ویژگی‌های آب و هوایی خاص خود، محرز بوده (عربی، ۱۳۸۵: ۱) و همواره به‌عنوان عاملی مخاطره‌انگیز در بروز حوادث طبیعی مانند سیل مطرح می‌باشد. از این رو مطالعه هم‌دید سیستم‌های ایجادکننده آن می‌تواند نقش مهمی در تشخیص به‌موقع و کنترل سیلاب، آبرفتگی‌های شهری، آبخیزداری و کاهش ضایعات و تخریب داشته باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱). سواحل جنوبی دریای خزر از نظر اقلیمی با سایر مناطق کشور تفاوت بسیاری دارد. وجود دریای خزر، توپوگرافی پیچیده و تأثیرپذیری این منطقه از الگوهای

گردشی بزرگ مقیاس منطقه برون حاره در طول سال، ویژگی‌های اقلیمی بسیار پیچیده و برجسته‌ای را برای این منطقه فراهم کرده است (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۳۲). با توجه به این ویژگی‌های محیطی و اقلیمی، تأثیرگذاری الگوهای جوی پیچیده بر بارش‌های این منطقه دور از انتظار نیست. در دهه‌های اخیر اثرات پرفشار سیبری را عامل مؤثر در وقوع بارش‌های شدید این منطقه می‌دانستند ولی طی مطالعات دقیق‌تر در چند سال گذشته، عواملی نظیر واچرخندهای مهاجر، سامانه‌های بندالی<sup>۴</sup> در اروپا و همچنین نوسان اطلس شمالی را نیز در بارش‌های منطقه خزر مؤثر می‌دانند (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۷). طی سال‌های اخیر وقوع بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، در برخی موارد باعث بروز مشکلاتی برای بخش‌های مختلف منطقه (کشاورزی، صنایع، حمل و نقل عمومی و ...) شده است. چون این‌گونه بارش‌های شدید در نتیجه شکل‌گیری الگوهای سینوپتیکی خاصی می‌باشند، مطالعه نحوه شکل‌گیری و تأثیرات این الگوها در پیش‌بینی الگوهای مشابه و برنامه‌ریزی جهت کاهش خسارات ناشی از تأثیرات این الگوها مفید خواهد بود و در این پژوهش تلاش شده است تا الگوهای جوی مؤثر در ایجاد بارش‌های شدید تابستانه در منطقه شناسایی و تحلیل شوند. درباره تأثیر گردش‌های جوی بر وقوع بارش و الگوهای آن در ایران و سایر نقاط جهان مطالعات نسبتاً زیادی صورت گرفته است که در این بخش به برخی از آنها اشاره می‌شود: مدکس<sup>۵</sup> و همکاران (۱۹۷۹: ۱۱۵) با تحلیل هم‌دید بیش از ۱۵۰ مورد بارندگی شدید در آمریکا، دریافتند که پدیده همرفت عامل اصلی وقوع این بارش‌ها بوده و وجود یک موج کوتاه در سطوح میانی جو باعث شدت یافتن طوفان‌های تندری و بارش‌های سنگین ناشی از آنها شده است. یوفو و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۴: ۲۳) با استفاده از مدل (IAP) بارش شدید تابستانی ۱۹۹۹ را در دره رودخانه یانگ تسه با استفاده از داده‌های درجه حرارت سطح دریا شبیه‌سازی نموده و به این نتیجه رسیدند که ناهنجاری‌های مثبت درجه حرارت سطح دریا در اقیانوس هند سبب بارش شدید در منطقه

4- Blocking System

5- Maddox et al

6-Yufu et al

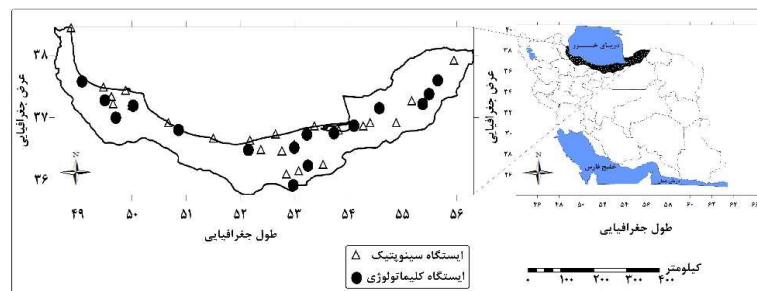
می‌شود. مانوز<sup>۷</sup> (۲۰۰۶: ۱۰۵) ویژگی‌های سینویتیکی بارش‌های سنگین نوامبر ۲۰۰۱ را در ناحیه‌ی مدیترانه غربی را با استفاده از مدل MM5 بررسی نمود؛ نتایج بررسی‌های او نشان داد وجود رطوبت زیاد در ترازهای تحتانی جو و شکل‌گیری سلول‌های همرفتی قدرتمند در منطقه، عامل ایجاد این بارش‌ها بوده است. لنا و همکاران (۲۰۰۷: ۲۷) با تحلیل همدید الگوهای جوی رویدادهای بارش‌های سنگین در جزایر بارلیک و با استفاده از نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریافتند که ایجاد بارش‌های سنگین در این منطقه با استقرار سیکلون‌ها در آن ارتباطی قوی دارد. عزیزی و صمدی (۱۳۸۶: ۶۱) با بررسی نقشه‌های سطوح مختلف جو دریافتند که عامل اصلی وقوع سیل ۲۸ مهر ۱۳۸۲ در استان‌های گیلان و مازندران، وجود ناوهای عمیق در شمال شرق اروپا بوده است. علیجانی و همکاران (۱۳۸۶: ۷) سازوکار حاکم بر وقوع بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که شکل‌گیری ۹ الگوی مختلف، با رعایت تقدم زمانی در بارش‌های این منطقه مؤثر بوده‌اند. مفیدی و همکاران (۱۳۸۶: ۱۳۱) بارش‌های شدید و حدّی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر را بررسی نمودند و دریافتند که این بارش‌های شدید در منطقه ناشی از شکل‌گیری سه الگوی پرفشار، کم فشار و زوجی در آرایش‌های متفاوت است. امیدوار و همکاران (۱۳۸۹: ۱۶۱) علت اصلی بارش‌های شدید در غرب و جنوب غرب ایران را نفوذ و استقرار سامانه پرفشار سیبری و تشکیل سردچالی وسیع بر روی جنوب دریای خزر و مرکز ایران تشخیص دادند. حمیدیان‌پور و همکاران (۱۳۸۹: ۱) الگوهای مؤثر بر ایجاد بارش‌های سنگین در شمال شرق ایران را مطالعه نمودند و دریافتند الگوی سودانی نقش مهمی در ایجاد این بارش‌ها داشته است. سلیقه و صادقی‌نیا (۱۳۸۹: ۸۳) به‌منظور شناسایی ارتباط مکانی سیستم پراارتفاع جنب حاره با بارش‌های تابستانه‌ی نیمه جنوبی ایران را بررسی نمودند و این نتیجه دست یافتند که دو الگوی حرکت چرخندی سیستم موسمی و الگوی توأم موسمی-کم‌فشارهای موسمی منجر به وقوع رخداد بارش سنگین در این منطقه می‌شوند. قبادی و همکاران (۱۳۹۰: ۲۳) با تجزیه و تحلیل همدید داده‌های جوی، الگوهای

7- Munoz

هم‌دید حاکم بر بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر را مطالعه نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد بارش‌های شدید زمستانه در این منطقه بر اثر شکل‌گیری سه الگوی پرفشار، زوجی و کم‌فشار ایجاد می‌شود. بر اساس تحقیقات بالا می‌توان نتیجه گرفت که در اکثر نواحی ایران و جهان، نفوذ سامانه‌های کم‌فشار و ایجاد حرکات عروجی و وجود رطوبت در سطوح زیرین جو عامل شکل‌گیری بارش‌های شدید می‌باشند و تأثیر آن‌ها در وقوع بارش بیش از سیستم‌های پرفشار است. مساعد بودن شرایط در تراز میانی جو و وجود ناهه‌ها در موقعیت مناسب نسبت به منطقه وقوع بارش نیز در رخداد بارش تأثیر بسزایی داشته است. بر اساس توضیحات بالا هدف اصلی این پژوهش شناخت الگوهای مؤثر بر ایجاد بارش‌های سنگین تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر و تبیین شرایط سطوح مختلف جو در زمان وقوع این بارش‌ها می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر تلاش شده است با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی، الگوهای ایجادکننده بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر شناسایی شوند. سواحل جنوبی دریای خزر از لحاظ سیاسی شامل سه استان گیلان، مازندران و گلستان است. این سه استان با مساحتی بالغ بر ۵۸۱۶۷ کیلومتر مربع در شمال کشور ایران و در مختصات ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی قرار دارند (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت استان‌های ساحلی دریای خزر و ایستگاه‌های هم‌دید و اقلیم‌شناسی مورد استفاده در پژوهش

به‌منظور رسیدن به هدف این پژوهش در اولین گام آمار بارش ماه‌های فصل تابستان برای ۴۰ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان‌های گیلان، مازندران و گلستان برای یک دوره‌ی ۲۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۱) از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد (جدول ۱).

جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	نوع ایستگاه
۱	آستارا	۳۸/۴۲	۴۸/۸۷	-۲۱/۱	سینوپتیک
۲	افراچال	۳۶/۲۳	۵۳/۲۵	۱۳۰۰	کلیماتولوژی
۳	آلاشت	۳۶/۰۸	۵۲/۸۵	۱۹۰	سینوپتیک
۴	آمل	۳۶/۴۷	۵۲/۳۸	۲۳/۷	سینوپتیک
۵	بابلسر	۳۶/۷۲	۵۲/۶۵	-۲۱	سینوپتیک
۶	بندر امیرآباد	۳۶/۸۵	۵۳/۳۷	-۲۰	سینوپتیک
۷	بندرانزلی	۳۷/۴۷	۴۹/۴۷	-۲۳/۶	سینوپتیک
۸	بندر ترکمن	۳۶/۸۷	۵۴/۱	-۲۰	کلیماتولوژی
۹	پاسی خان	۳۷	۴۹/۷	۴۵	کلیماتولوژی
۱۰	پرند	۳۷/۲۸	۴۹/۵	۴۰	کلیماتولوژی
۱۱	پل سفید	۳۶/۱۳	۵۳/۰۸	۶۱۰	سینوپتیک
۱۲	پیلیمبرا	۳۷/۵۸	۴۹/۰۸	۶	کلیماتولوژی
۱۳	تحقیقات بی‌کلا	۳۶/۷۳	۵۳/۲۳	۱۰	کلیماتولوژی
۱۴	تیرتاش	۳۶/۷۵	۵۳/۷۳	-۱۴	کلیماتولوژی
۱۵	چمستان نور	۳۶/۴۸	۵۲/۱۵	۷۳	کلیماتولوژی
۱۶	خشکه داران تنکابن	۳۶/۸	۵۰/۸۶	-۲	کلیماتولوژی
۱۷	رامسر	۳۶/۹	۵۰/۶۷	-۲۰	سینوپتیک
۱۸	رشت	۳۷/۳۲	۴۹/۶۲	-۸/۶	سینوپتیک
۱۹	رشت-کشاورزی	۳۷/۲	۴۹/۶۵	۲۴/۶	سینوپتیک
۲۰	زردگل سرخ آباد	۳۵/۹۲	۵۲/۹۸	۱۵۰۰	کلیماتولوژی
۲۱	ساری	۳۶/۵۵	۵۳	۲۳	سینوپتیک
۲۲	علی آباد	۳۶/۹	۵۴/۸۸	۱۸۴	سینوپتیک

ادامه جدول (۱)

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	نوع ایستگاه
۲۳	فرودگاه دشت ناز	۳۶/۶۲	۵۲/۱۸	۱۶	سینوپتیک
۲۴	قائم شهر	۳۶/۴۵	۵۲/۷۷	۱۴/۷	سینوپتیک
۲۵	قپان	۳۷/۶	۵۵/۶۵	۳۰۰	کلیماتولوژی
۲۶	کلاله	۳۷/۳۷	۵۵/۴۸	۱۲۸/۸	سینوپتیک
۲۷	کلاله	۳۷/۳۸	۵۵/۴۹	۱۵۷	کلیماتولوژی
۲۸	کیاسر	۳۶/۲۳	۵۳/۵۳	۱۲۹۴/۳	سینوپتیک
۲۹	کیاشهر	۳۷/۴۲	۴۹/۸۸	-۲۲	سینوپتیک
۳۰	گرگان	۳۶/۹	۵۴/۴	۱/۵	سینوپتیک
۳۱	گرگان-هاشم آباد	۳۶/۸۵	۵۴/۲۷	۱۳/۳	سینوپتیک
۳۲	گلوگاه	۳۶/۷۸	۵۳/۸۲	-۱۰	سینوپتیک
۳۳	گنبد کاووس	۳۷/۲۵	۵۵/۱۷	۳۷/۲	سینوپتیک
۳۴	لاهیجان	۳۷/۱۸	۵۰	۳۴/۲	سینوپتیک
۳۵	لاهیجان	۳۷/۱۹	۵۰/۰۲	-۲	کلیماتولوژی
۳۶	محمود آباد ساری	۳۶/۵۲	۵۳	۱۱۸	کلیماتولوژی
۳۷	مراوه تپه	۳۷/۹	۵۵/۹۵	۴۶۰	سینوپتیک
۳۸	مزرعه نمونه	۳۷/۱۵	۵۴/۵۷	۱۰	کلیماتولوژی
۳۹	مینودشت	۳۷/۲۲	۵۵/۳۷	۱۹۰	کلیماتولوژی
۴۰	نوشهر	۳۶/۶۵	۵۱/۵	-۲۰/۹	سینوپتیک

سپس با استفاده از شاخص صدک که عمدتاً برای تعیین تعداد روزهای دارای بارش شدید، خیلی شدید و حدی کاربرد دارد و بر اساس صدک ۹۵ داده‌های مرتب‌شده بارش، میزان آستانه بارش‌های شدید در منطقه ۱۵ میلی‌متر تعیین شد. همچنین به منظور افزایش ضریب اطمینان الگوهای به‌دست آمده و قابل تعمیم بودن آن‌ها به تمام منطقه، روزی دارای بارش شدید تلقی شد که در آن حداقل ۳۰ درصد ایستگاه‌ها مقدار بارشی برابر یا بیش‌تر از ۱۵ میلی‌متر را ثبت کرده باشند و در نهایت ۲۹ روز مطابق با شرایط ذکر شده مشخص شد. سپس مقادیر فشار سطح دریا (Slp) در محدوده ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۷۰

درجه‌ی عرض شمالی برای این ۲۹ روز از سایت NCEP/NCAR استخراج و به صورت یک ماتریس  $۶۰۹ \times ۲۹$  با آرایش S مرتب شدند. در ادامه به منظور کاهش حجم داده‌ها و ایجاد یک درک مقدماتی از الگوهای موجود در داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار Spss یک تحلیل عاملی<sup>۸</sup> با دوران واریماکس روی داده‌ها انجام و نمرات عاملی آن‌ها به دست آمد. در مرحله بعد توسط نرم‌افزار Minitab و با استفاده از نمرات عاملی به دست آمده اقدام به انجام تحلیل خوشه‌ای<sup>۹</sup> با روش وارد شد و طبقات مختلف الگوها مشخص شد. در مرحله بعد همبستگی اعضای هر کدام از خوشه‌ها با میانگین آن خوشه محاسبه و روزهای دارای بالاترین همبستگی با میانگین به عنوان نماینده‌ی هر الگو تعیین شد و در نهایت با استفاده از نقشه‌های فشار تراز دریا (Slp)، تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، فرارفت رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه سرعت قائم (أمگا) مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مربوط به دو روز قبل از هر بارش تا روز بارش اقدام به بررسی ویژگی‌های هر الگو شد. شایان ذکر است به منظور تشخیص و بررسی بهتر الگوها، در کنار نقشه‌های اصلی، نقشه‌های مربوط به ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال پارامترهای ذکر شده نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

### یافته‌ها و بحث

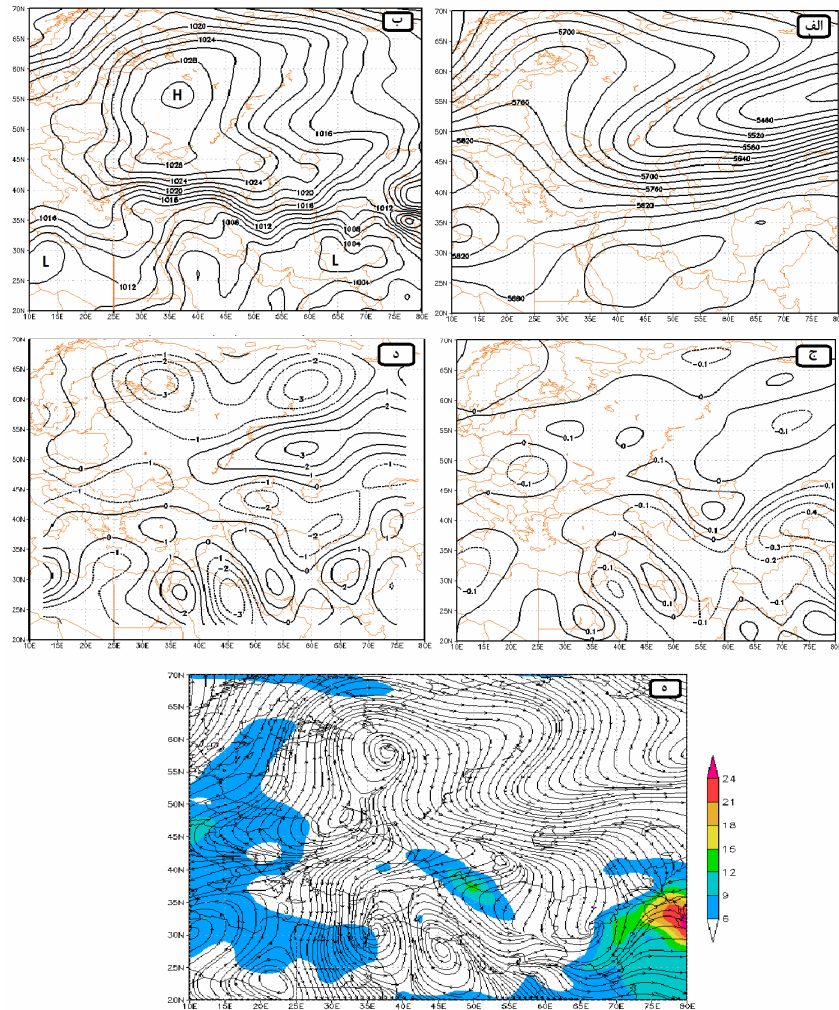
با به دست آمدن نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای و مشخص شدن روزهای نماینده و بررسی نقشه‌ها، در نهایت ۳ الگوی جوی به عنوان عامل ایجاد بارش‌های سنگین تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر شناسایی شد. الگوی اول با  $۴۱/۸$  درصد دارای بالاترین فراوانی وقوع بوده و الگوهای دوم و سوم نیز به ترتیب در ۳۰ و  $۲۱/۷$  درصد از روزهای مورد مطالعه رخ داده‌اند. الگوهای شناسایی شده و شرایط ترازهای مختلف جو در روزهای نماینده آن‌ها به شرح زیر می‌باشند:

8- Factor Analysis  
9- Cluster Analysis



## الگوی اول

این الگو در ۱۴ روز از ۲۹ روز بارش شدید منطقه حاکم بوده است و روز ۵ سپتامبر ۱۹۹۷ به‌عنوان نماینده این الگو انتخاب شده است. در این روز سامانه پر ارتفاع تراز میانی جو در بخش‌های مرکزی و شرقی اروپا مستقر بوده و با ایجاد حرکات واچرخندی و تاوایی منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال باعث تقویت سامانه پرفشار سطح زمین شده است (شکل ۲-الف). سامانه پرفشار سطح زمین با ایجاد حرکات ساعتگرد باعث کشیده شدن هوای خنک عرض‌های شمالی در سطح زمین به سمت دریای خزر شده (شکل ۲-ب) و این هوای خنک با جهت شمال‌شرقی از روی آب‌های نسبتاً گرم دریای خزر عبور نموده و ضمن عبور به‌تدریج ناپایدار شده و رطوبت نسبتاً زیادی (۱۲ تا ۱۵ گرم بر کیلوگرم) کسب و به سواحل جنوبی دریای خزر (به‌ویژه بخش‌های جنوب غربی دریا) نفوذ کرده است (شکل ۲-ج). بررسی نقشه‌های اُمگا (سرعت قائم) برای این روز نشان داد که در ترازهای زیرین جو منطقه (۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) حرکات صعودی وجود داشته و مقدار شاخص اُمگا در این سطوح به حدود ۰/۱۵- پاسکال بر ثانیه رسیده است (شکل ۲-د). با توجه به این که بر روی دریای خزر در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال تاوایی منفی و اُمگای منفی وجود داشته (شکل ۲-د) و همچنین در ترازهای بالاتر از ۸۵۰ (۵۰۰ هکتوپاسکال) در سرتاسر دریای خزر و سواحل جنوبی آن تاوایی منفی وجود داشته و مقادیر مثبت شاخص اُمگا نیز حرکات نزولی در این سطوح را نشان می‌دهند، می‌توان علت اصلی وقوع بارش‌های شدید در این الگو را نفوذ شارش‌های خنک شمالی ناشی از حرکات واچرخندی سامانه پرفشار مستقر در شرق اروپا و مرطوب و ناپایدار شدن تدریجی این جریانات و در نهایت وقوع همرفت گسترده و شدید در ترازهای تحتانی جو منطقه در نظر گرفت.

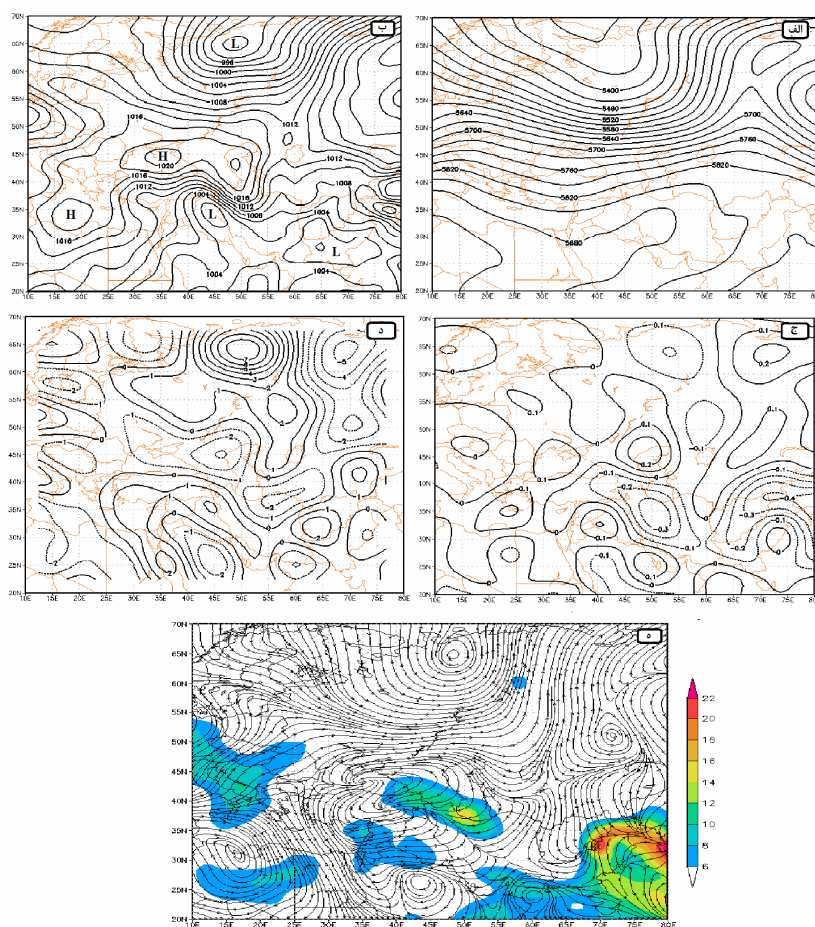


شکل (۲) نقشه‌های مربوط به الگوی اول (روز ۵ سپتامبر ۱۹۹۷). (الف) ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (Gpm). (ب) فشار سطح دریا (Hpa). (ج) امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (Pa/s). (د) تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ( $10^{-3} s^{-2}$ ). (ه) رطوبت ویژه و خطوط جریان در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال.

## الگوی دوم

این الگو ۹ روز از ۲۹ روز بارش شدید را به‌خود اختصاص داده است و روز ۸ سپتامبر ۱۹۹۳ به‌عنوان نماینده آن بررسی خواهد شد. در این روز دو سامانه پر ارتفاع تراز میانی جو به ترتیب در شرق اروپا و حوالی دریای سیاه و همچنین بخش‌های مرکزی روسیه قرار گرفته‌اند (شکل ۳-الف). در سطح زمین نیز دو مرکز پرفشار هماهنگ با سامانه‌های تراز میانی جو به‌صورت ترکیبی، یک مرکز پرفشار گسترده را در بخش‌هایی از شرق اروپا تا حوالی سیبری تشکیل داده‌اند. مرکز پرفشاری که در بخش‌های شرقی اروپا و دریای سیاه قرار گرفته است با نفوذ به سواحل جنوبی دریای خزر و ایجاد جریانات شمالی روی دریای خزر و همچنین جریانات شرقی در سواحل جنوبی این دریا باعث فرارفت هوای خنک از روی آب‌های گرم دریا شده است که وقوع این حالت به کسب رطوبت و ناپایداری توده هوا منجر شده است (شکل ۳-ب). در نقشه جریانات رطوبتی به‌خوبی مشخص است که توده هوا تا بخش‌های میانی دریای خزر دارای رطوبت ویژه نسبتاً پایینی در حد کم‌تر از ۶ گرم بر کیلوگرم می‌باشد اما در بخش‌های جنوبی دریا میزان رطوبت آن افزایش یافته و در سواحل جنوب غربی دریای خزر به حدود ۱۶ گرم بر کیلوگرم افزایش می‌یابد. جهت خاص جریانات هوا در این الگو که در بخش‌های شمالی و مرکزی دریا شمالی و در قسمت‌های جنوبی دریا به جهت شرقی درآمده و موجب شده که بیش‌ترین مقدار رطوبت ویژه در بخش‌های جنوب غربی دریا مشاهده شود هرچند در سایر مناطق سواحل نیز میزان رطوبت ویژه بین ۶ تا ۱۲ گرم بر کیلوگرم می‌باشد (شکل ۳-ه). نقشه‌های سرعت قائم هوا (امگا) برای سطوح مختلف جو وجود جریانات صعودی قدرتمندی را تأیید می‌کنند که قدرت این جریانات تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۰/۴، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۰/۳- و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۰/۱- پاسکال بر ثانیه می‌باشد (شکل ۳-ج). نکته جالب این است که با وجود این حرکات صعودی، در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاویی منفی وجود داشته و حرکات واچرخندی در این ترازها غالب می‌باشد (شکل ۳-د). با توجه به بررسی نقشه‌های مختلف می‌توان علت وقوع بارش‌های شدید در این الگو را نیز وقوع جریانات همرفتی قدرتمند در

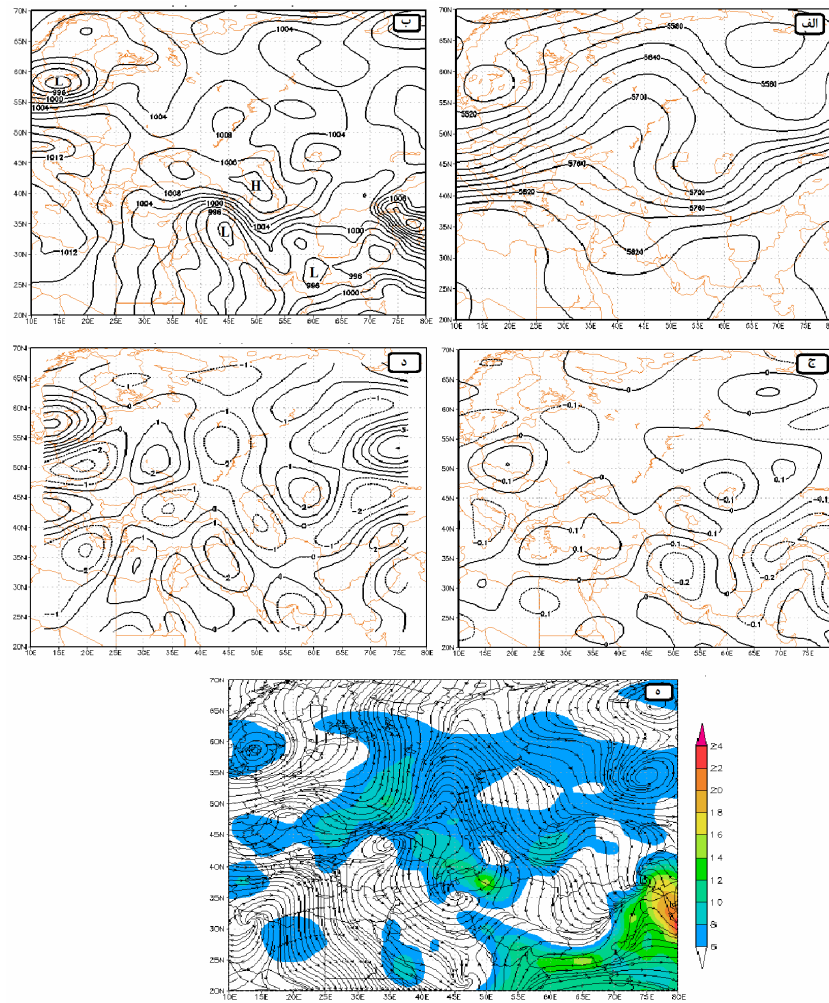
لایه‌های مختلف جو به‌همراه سوی مناسب جریانات هوا در عبور از دریای خزر در نظر گرفت که باعث انتقال مقادیر زیاد رطوبت به سواحل جنوبی دریای خزر شده است.



شکل (۳) نقشه‌های مربوط به الگوی دوم (روز ۸ سپتامبر ۱۹۹۳). (الف) ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (Gpm). (ب) فشار سطح دریا (Hpa). (ج) امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (Pa/s). (د) تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ( $10^{-5} S^{-1}$ ). (ه) رطوبت ویژه (g/kg) و خطوط جریان در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال.

## الگوی سوم

این الگو ۶ روز از ۲۹ روز بارش سنگین را به خود اختصاص داده است و روز ۱۱ جولای ۲۰۰۴ به‌عنوان نماینده آن بررسی خواهد شد. در روز مورد بررسی پشته تراز میانی جو در غرب روسیه و شمال دریای خزر قرار گرفته و ناوهای نیز در شرق دریا قرار دارد و سامانه پرفشار سطح زمین نیز از دریای سیاه تا دریای خزر گسترش پیدا کرده است. این سامانه پرفشار با ایجاد حرکات ساعتگرد باعث شمالی شدن جهت جریانات هوا روی دریای خزر شده است (شکل‌های ۴-الف و ۴-ب). در نقشه جریانات رطوبتی کاملاً مشخص است در پی ایجاد حرکات واچرخندی در منطقه قفقاز، جریانات هوا ابتدا با جهت جنوب غربی از دریای سیاه کسب رطوبت کرده سپس با جهت شمالی و شمال شرقی از روی دریای خزر عبور کرده و مملو از رطوبت شده و به سواحل جنوبی دریای خزر رسیده است و میزان رطوبت آن تا ۱۶ گرم بر کیلوگرم نیز رسیده است (شکل ۴-ه). در این روز در تمام سطوح ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال جو منطقه حرکات صعودی وجود داشته که میزان آن در سطح ۸۵۰ به حدود ۰/۲- پاسکال بر ثانیه نیز رسیده است (شکل ۴-ج). با وجود این حرکات صعودی، تاوایی تراز ۸۵۰ منفی و گردش هوا در این سطح واچرخندی بوده است و این تاوایی منفی علاوه بر سواحل جنوبی دریا در جو کل دریای خزر نیز وجود داشته است (شکل ۴-د). در نبود سامانه بارشی مهم در منطقه باید عامل ایجاد بارش‌های این الگو را نیز حرکات همرفتی همراه با نفوذ جریانات خنک و مرطوب شمالی به سواحل جنوبی دریای خزر در نظر گرفت هرچند از نقش ناوهای مستقر در شرق دریا و عبور امواج ضعیف تراز میانی جو از فراز جو منطقه در تشدید این بارش‌ها نمی‌توان چشم‌پوشی کرد.



شکل (۴) نقشه‌های مربوط به الگوی سوم (روز ۱۱ جولای ۲۰۰۴). (الف) ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (Gpm). (ب) فشار سطح دریا (Hpa). (ج) امگا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (Pa/s). (د) تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ( $10^{-5} S^{-2}$ ). (ه) رطوبت ویژه (g/kg) و خطوط جریان در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال.

## نتیجه‌گیری

بارش‌های شدید حاصل شکل‌گیری الگوهای سینوپتیکی خاصی هستند که شناسایی این الگوها می‌تواند در پیش‌بینی شرایط مشابه و صدور به موقع هشدارها و در نتیجه جلوگیری از ایجاد خسارت به بخش‌های مختلف مفید باشد. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شد با استفاده از روش‌های آماری-همدید الگوهای جوی عامل شکل‌گیری بارش‌های شدید با آستانه ۱۵ میلی‌متر، بررسی شود و نتایج این بررسی به‌صورت زیر حاصل شد. به طور کلی عامل اصلی ایجاد بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر ایجاد الگوی پرفشار در سطح زمین و وقوع همرفت در لایه‌های زیرین جو می‌باشد که توسط امواج ناپایدار ضعیف تراز میانی جو تقویت شده است. تمامی ۳ الگوی بررسی شده این مطلب را تأیید می‌کنند و تنها تفاوت این الگوها در محل استقرار سامانه پرفشار و جهت جریان‌ها هوا بوده است که باعث تفاوت در تغذیه رطوبتی بارش‌ها و فراوانی وقوع هر کدام از الگوها شده است. در این الگوها شکل‌گیری جریان‌ها خنک شمالی بر روی دریای خزر که ناشی از حرکات واچرخندی سیستم‌های پرفشار بوده است و همچنین عبور این هوای خنک از روی آب‌های نسبتاً گرم دریا باعث شده است که این جریان‌ها رطوبت کسب نموده و ناپایدار شوند و با وقوع همرفت در لایه‌های زیرین جو سواحل جنوبی دریا بارش‌های شدیدی را ایجاد کنند. ناهماهنگی بین حرکات قائم جو با تاوایی ترازهای مختلف، تأییدی بر همرفتی بودن علت وقوع این بارش‌ها در منطقه می‌باشد. مقایسه نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های قبادی، مفیدی و زرین (۱۳۸۶ و ۱۳۹۰) نشان داد که در فصل تابستان تنها عامل ایجاد بارش سنگین در منطقه، پرفشارهای مهاجر عبوری از دریای خزر و وقوع همرفت وزشی در سواحل جنوبی این دریا می‌باشد. در فصل پاییز، قدرت یافتن پرفشار سیبری و در نتیجه شدت پیدا کردن همرفت وزشی و همچنین عبور کم‌فشارها و پرفشارهای مهاجر از منطقه عامل ایجاد بارش‌های شدید در آن هستند و در فصل زمستان در پی گسترش بادهای غربی، سامانه‌های متنوعی از جمله پرفشارهای مهاجر، کم‌فشارهای مدیترانه‌ای و تا حدودی سامانه‌های بارش‌زای جنوبی با نفوذ به منطقه در ایجاد بارش‌های شدید مؤثر هستند.

## منابع

- امیدوار، کمال؛ صفرپور، فرشاد؛ محمودآبادی، مهدی و سعید الفتی (۱۳۸۹)، «تحلیل همبندی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های شدید نواحی مرکز و جنوب غرب ایران»، *مدرسه علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، شماره ۴، صص ۱۸۹-۱۶۱.
- حمیدیان‌پور، محسن؛ علیجانی، بهلول و علیرضا صادقی‌نیا (۱۳۸۹)، «شناسایی الگوهای همبندی بارش‌های شدید شمال شرق ایران»، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره اول، صص ۱-۱۶.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ قنبری، نوذر و جعفر معصوم‌پور سماکوش (۱۳۸۷)، «مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر»، *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، شماره ۶۶، صص ۷۰-۵۷.
- سلیقه، محمد و علیرضا صادقی‌نیا (۱۳۸۹)، «بررسی تغییرات مکانی پرفشار جنب حاره در بارش‌های تابستانه نیمه جنوبی ایران»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۷، صص ۹۸-۸۳.
- عربی، زهرا (۱۳۸۵)، «تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۸۷ در ایران»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۶، صص ۱-۱۵.
- عزیززی، قاسم؛ علی حنفی (۱۳۸۹)، «برآورد حداکثر بارش محتمل (PMP) حوضه آبی‌چای به روش سینوپتیکی»، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره ۲، صص ۷۱-۵۱.
- عزیززی، قاسم؛ نیری، معصومه و شیما رستمی جلیلیان (۱۳۸۸)، «تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور، مطالعه موردی بارش دوره ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، ۱۶ تا ۲۴ اسفند ۱۳۸۵»، *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*، شماره ۴، صص ۱-۱۳.
- عزیززی، قاسم و زهرا صمدی (۱۳۸۶)، تحلیل الگوی سینوپتیکی سیل ۲۸ مهرماه ۱۳۸۲ استان‌های گیلان و مازندران»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۰، صص ۷۴-۶۱.



- علیجانی، بهلول؛ جعفرپور، زین‌العابدین؛ علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی و عباس مفیدی (۱۳۸۶)، «تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران»، *نشریه علوم جغرافیایی*، شماره ۱۰، صص ۳۸-۷.
- جانباز قبادی، غلامرضا؛ مفیدی، عباس و آذرزرین (۱۳۹۰)، «شناسایی الگوهای همدید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر»، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، شماره ۴۲، صص ۲۳-۴۰.
- کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۶)، «هبانی آب و هواشناسی»، چاپ سیزدهم، تهران، سمت.
- محمدی، بختیار و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۹)، «تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۷.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر و غلامرضا جانبازقبادی (۱۳۸۶)، «تعیین الگوی همیدیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر»، *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۳، شماره ۳، صص ۱۵۴-۱۳۱.
- Lana, A.; Campains, J.; Genoves, A.; Jansa, A. (2007), "Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands", *Aadv. Geosci*, V. 12, PP. 27-32.
- Maddox, R.A.; Chappell, C.F.; Hoxit, L.R. (1979), "Synoptic and Meso Scale Aspects of Flash Flood Events", *Bull.Amer, Meteor, Soc*, 60, PP. 115-123.
- Munoz, D.S. (2006), "Diagnosis and Numerical Simulations of a Heavy Rain Event in the Western Mediterranean Basin", *Advances in Geosciences*, Vol. 7, PP.105-108.
- Yufu, G.; Wang, J.; Zhao, Y. (2004), "Numerical Simulation Of The 1999 Yangtze River Valley Heavy Rainfall Including Sensitivity Experiments with Different SSTA", *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol. 21, No. 1, PP. 23-33.